

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 38 454 C 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 02 D 41/04  
F 02 D 9/02

21 Aktenzeichen: 198 38 454.8-26  
22 Anmeldetag: 25. 8. 1998  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 16. 3. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Flinspach, Roland, Dipl.-Ing., 75446 Wiernsheim, DE;  
Haller, Andreas, Dipl.-Ing., 70372 Stuttgart, DE;  
Moser, Franz, Dipl.-Ing., 73269 Hochdorf, DE; Rink,  
Günter, Dipl.-Ing., 73111 Lauterstein, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 40 13 943 C2  
DE 38 31 575 A1  
DE 34 04 154 A1

54 Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen

57 Bei einem Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen durch Veränderung des Motor-Momentenverlaufs wird zur Umsetzung eines Motor-Momentenverlaufs zwischen einem unteren Momentenanfangswert und einem oberen Momentenzielwert der Verlauf der Drosselklappenstellung zwischen einer dem Momentenanfangswert entsprechenden Anfangsschließstellung und einer dem Momentenzielwert entsprechenden Zielöffnungsstellung verändert.

Um Lastwechselschlag ohne Beeinträchtigung der Agilität des Fahrzeugs wirkungsvoll zu reduzieren, weist der Verlauf der Drosselklappenstellung benachbart zur Anfangsschließstellung ein die Drosselklappe öffnendes lokales Maximum und zwischen dem lokalen Maximum und der Zielöffnungsstellung ein die Drosselklappe schließendes lokales Minimum auf, wobei das lokale Maximum der Drosselklappenstellung einem lokalen Momentenmaximum entspricht, das groß genug ist, um Spiel im Triebstrang des Kraftfahrzeugs zu überwinden oder wesentlich zu reduzieren.

DE 198 38 454 C 1

DE 198 38 454 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Lastwechselschlag entsteht insbesondere beim Übergang zwischen Schubtrieb und Zugtrieb eines motorisch betriebenen Kraftfahrzeugs und äußert sich in Form eines unerwünschten Fahrzeugruckes sowie eines störenden Lastschlageräusches. Der Lastwechselschlag wird durch schnelle Momentenänderungen erzeugt, die beispielsweise durch Beschleunigen aus dem Schubtrieb heraus entstehen können, indem an der Abtriebsseite des Motors ein starker Drehimpuls erzeugt wird, der über ein Einmassen-Schwungrad oder ein Zweimassen-Schwungrad auf den Triebstrang übertragen wird. In der Phase des Momentenaufbaus während des Wechsels zwischen Schub- und Zugbetrieb muß zunächst Spiel im Triebstrang überwunden werden. Nachdem das Spiel durchlaufen wurde, wird der Drehimpuls der schweren Sekundärmasse des Zweimassen-Schwungrades schlagartig auf den Triebstrang übertragen. Dieser Lastwechselschlag beeinträchtigt das subjektive Komfortempfinden des Fahrers und hat eine unerwünschte Energieeinkleitung in das Schwingungssystem Motor-Triebstrang-Karosserie zur Folge. Lagerungen im Fahrzeug werden hierdurch zusätzlich belastet.

Im Anschluß an den Spieldurchlauf wird ein schneller Momentenaufbau erzeugt, beispielsweise beim Beschleunigen. Aufgrund der im Schwungrad gespeicherten kinetischen Energie kommt es zum Überspringen des Schwungrades, wobei die Schwungrad-Schwingungen auf den Triebstrang übertragen werden. Diese Schwingungen sind als Ruckelschwingungen bekannt, die wie der Lastwechselschlag zur Kategorie der Fahrzeug-Längsschwingungen zählen.

Es ist zwar aus der DE 40 13 943 C2 bekannt, Ruckelschwingungen zu verhindern, indem das Motormoment durch eine geregelte Kraftstoffeinspritzung in Abhängigkeit der Schwingungsdauer der Ruckelschwingung beeinflusst wird. Durch eine gezielte Rücknahme bzw. Erhöhung des Motormoments in den entsprechenden Phasen der Ruckelschwingung wird versucht, die durch das Ruckeln verursachten Längsbewegungen zu vermeiden.

Das aus der DE 40 13 943 C2 bekannte Verfahren setzt voraus, daß zunächst die Schwingungsperiode der Ruckelschwingung erfaßt wird. Anschließend wird der Motor-Momentenverlauf über die Kraftstoffeinspritzung in Gegenphase zur Ruckelschwingung beeinflusst. Diese Vorgehensweise hat den Nachteil, daß zur Erfassung der Schwingungsperiode zunächst die erste Ruckelschwingung, die die höchste Amplitude aufweist, abgewartet werden muß, bevor die ruckeldämpfenden Maßnahmen ergriffen werden können, so daß der Fahrkomfort nicht in dem erwünschten Maße verbessert wird. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß der Momentenverlauf der Ruckelbewegung gegengesteuert wird, was ein rasch aufeinanderfolgendes Anschwellen und Abfallen des Motormoments erforderlich macht. Diese mehrfache Momentenrücknahme beeinträchtigt die Grundbeschleunigung des Fahrzeugs und verschlechtert das Abgasverhalten der Brennkraftmaschine.

Ein Verfahren zur Schwingungsunterdrückung einer Fahrzeugkarosserie ist auch aus der Druckschrift DE 38 31 575 A1 bekannt. Gemäß diesem Verfahren wird das Motorausgangsdrehmoment in einer Richtung variiert, deren Phase entgegengesetzt zu derjenigen der Fahrzeugkarosserieschwingung liegt. Zur Schwingungskompensation müssen die aktuellen Karosserieschwingungen ermittelt und das Motorausgangsdrehmoment mit den Schwingungen

synchronisiert werden. Neben einem erheblichen Aufwand an Meß- und Regeltechnik führt die Schwingungsunterdrückung außerdem zu einem gedämpft schwingenden Drehmomentverlauf bzw. Beschleunigungsverhalten, wodurch wie beim Verfahren gemäß der DE 40 13 943 C2 Beschleunigung und Abgasverhalten beeinträchtigt werden.

Weder die DE 40 13 943 C2 noch die DE 38 31 575 A1 offenbaren eine Methode, Lastwechselschlag zu vermeiden oder die Auswirkungen von Lastwechselschlag zu vermindern.

Aus der DE 34 04 154 A1 ist eine Regeleinrichtung für ein Kraftfahrzeug bekannt, mit der bei einem Lastwechsel im Antriebsstrang auftretende Schwingungen gedämpft werden können. Über Meßfühler werden Winkelgeschwindigkeiten im Antriebsstrang erfaßt und der Regeleinrichtung zugeführt, wobei die Fahrpedalstellung als Führungsgröße der Regelung dient. Über das Regelsignal wird die Kraftstoffeinspritzung beeinflusst, gegebenenfalls kann bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen auch die Drosselklappenposition eingestellt werden.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, Lastwechselschlag ohne Beeinträchtigung der Agilität des Fahrzeugs wirkungsvoll zu reduzieren.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

Bei dem neuartigen Verfahren wird davon ausgegangen, daß die Position der Drosselklappe zwischen einer Anfangs-schließstellung und einer Zielöffnungsstellung entsprechend einem einzustellenden Motormoment verändert wird. Zur Vermeidung bzw. Reduzierung des Lastwechselschlags ist nun vorgesehen, die Drosselklappe zunächst bis zu einer ersten, einem lokalen Maximum entsprechenden Öffnungsstellung zu öffnen und im Anschluß an die erste Öffnungsstellung auf eine zweite, einem lokalen Minimum entsprechende Öffnungsstellung abzusinken, bevor die Zielöffnungsstellung erreicht wird, wobei das lokale Maximum der Drosselklappenstellung ein lokales Momentenmaximum bewirkt, das insbesondere groß genug ist, um Spiel im Triebstrang des Kraftfahrzeugs im Übergang zwischen Schubtrieb und Zugbetrieb zu überwinden. Das lokale Maximum der Drosselklappenstellung reicht somit aus, um Triebstrangspiel, insbesondere Getriebespiel, auszugleichen. Das zugehörige Momentenmaximum kann dabei ausreichend klein gehalten werden, um das Spiel weich zu durchlaufen, so daß Drehzahldifferenzen zusammenwirkender Übertragungsglieder des Triebstranges mit lediglich kleinen Drehzahlanstiegen ausgeglichen werden und die zusammenwirkenden Übertragungsglieder stoßfrei zur Anlage kommen.

Nach dem Ausgleich des Spiels kann im Anschluß an die zweite, dem lokalen Minimum entsprechende Öffnungsstellung das Motormoment ohne Lastschlagwechsel rasch aufgebaut werden, wodurch das Ansprechverhalten und die Agilität des Fahrzeugs, insbesondere beim Beschleunigen, verbessert ist. Einen Lastschlagwechsel auslösende Drehimpulsstöße werden vermieden. Ein weiterer Vorteil liegt in dem gleichmäßigen, von starken Schwingungen befreiten Verlauf des Motormoments nach Erreichen des Momentenzielwerts, was durch den Abbau der Fahrzeug-Längsschwingungen erzielt wird. Außerdem wird die Belastung der Lagerungen des Motors und des Triebstranges sowie die Belastung der Karosserie gesenkt.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß durch die kurzfristige Öffnung der Drosselklappe im Bereich des lokalen Maximums des Drosselklappenverlaufs eine schnelle, verzögerungsfreie Befüllung des Saugrohrs der Brennkraftmaschine mit Ansaugluft bereits vor dem Momentenanstieg auf den Momentenzielwert ermöglicht wird. Außerdem werden durch die unmittelbare Ansteuerung der Drosselklappe im

Bereich des lokalen Maximums Verzögerungen infolge gedämpften Umsetzens der Gaspedalbewegung und infolge Trägheit von Motor- und Steuerungskomponenten vermieden.

Die Einstellung der Drosselklappe erfolgt zweckmäßig über ein elektrisch betätigbares Stellglied, das mit einer Bestromungsfunktion beaufschlagt wird, durch die der gewünschte Verlauf der Drosselklappenstellung bewirkt wird. Die Bestromungsfunktion ist vorteilhaft als näherungsweise rechteckförmige Funktion mit zeitdiskreten Stromintervallen ausgebildet, die in einfacher Weise generiert werden können.

Die Bestromungsfunktion weist bevorzugt eine Sprungstelle auf, mit der das lokale Maximum im Verlauf der Drosselklappenstellung nachgebildet wird und die vorteilhaft näherungsweise als kurzer Rechteckimpuls ausgebildet ist. Die Sprungstelle bewirkt ein sehr kurzzeitiges, teilweises Öffnen der Drosselklappe, wodurch eine erhebliche Steigerung des Saugrohrdrucks und des Motormoments zu erreichen ist. Zusätzlich zum Spielausgleich wird hierdurch in kürzestmöglicher Zeit die maximale Fahrzeugbeschleunigung erreicht. Bereits eine Bestromung der Drosselklappe von 80% des möglichen Maximalwerts über eine Zeitdauer von 20 ms reicht üblicherweise aus, um die Drosselklappe um einen kleinen Winkel zu öffnen und eine Steigerung des Saugrohrdrucks zu erreichen, wobei sich die maximale Fahrzeugbeschleunigung unter Vermeidung von Lastwechselschlag nach etwa 180 ms einstellt.

In bevorzugter Weiterbildung wird die Reduzierung bzw. Eliminierung des Lastwechselschlags mit der Reduzierung bzw. Eliminierung von Ruckelschwingungen kombiniert. Die Ruckelschwingungen können gemäß einem ähnlichen Funktionsverlauf wie der Lastwechselschlag gedämpft werden, indem die Drosselklappenstellung zunächst auf eine einem lokalen Maximum entsprechende Öffnungsstellung angehoben, anschließend auf eine einem lokalen Minimum entsprechende Öffnungsstellung gesenkt und schließlich auf die Zielöffnungsstellung gemäß dem gewünschten Momentenmaximum eingestellt wird. Die Lastwechselschlag- und die Ruckelschwingungsdämpfung werden zeitlich aufeinanderfolgend ausgeführt. In einem ersten Schritt wird zunächst die Funktion für die Lastwechselschlagdämpfung aufgebracht und anschließend auf ein Minimum zurückgeführt, bevor in einem zweiten, darauffolgenden Schritt die Ruckelschwingungsdämpfung mit einer erneuten Anhebung auf ein zweites lokales Maximum und Absenkung auf ein zweites lokales Minimum durchgeführt wird. Dadurch wird im ersten Schritt Spiel im Triebstrang ausgeglichen und eine Übertragung eines Drehimpulsstoßes vom Motor auf den Triebstrang verhindert. Im zweiten Schritt wird der Triebstrang durch das Aufbringen eines Momentenimpulses vorgespannt, schwingt während des lokalen Minimums bis zum Umkehrpunkt der Schwingungsauslenkung weiter und wird im Umkehrpunkt bei voller Vorspannung mit dem Momentenzielwert beaufschlagt. Durch die Kombination beider Schritte ist ein lastschlagfreies und ruckelfreies Beschleunigen mit nahezu maximal möglicher Agilität realisierbar.

Die Amplituden der lokalen Maxima von Lastwechselschlagdämpfung und Ruckelschwingungsdämpfung sind zweckmäßig aufeinander abgestimmt. Die Amplitude des ersten lokalen Maximums ist in der Regel kleiner als die Amplitude des zweiten lokalen Maximums, da der Ausgleich von Spiel im Antriebsstrang mit einem kleineren Drehmoment erfolgen kann als die Vorspannung des Getriebebrangs.

Der Verlauf der Drosselklappenstellung ist sowohl für die Lastschlagdämpfung als auch für die Dämpfung der Ruckelschwingungen unabhängig vom Verlauf der Gaspedalposi-

tion. Es wird lediglich die Anfangsstellung und die Endstellung des Gaspedals und gegebenenfalls die Gaspedal-Änderungsgeschwindigkeit für die Schwingungsreduzierung berücksichtigt, nicht jedoch der zwischen Gaspedal-Anfangsstellung und Gaspedal-Endstellung liegende Verlauf. Dadurch wird eine Entkopplung des Verlaufes von Gaspedalstellung und Drosselklappenstellung erreicht, wobei die Drosselklappenstellung in der vorbeschriebenen Weise einer im Hinblick auf die Lastschlagreduzierung und Ruckelschwingungsreduzierung optimierten Funktion folgt.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Ausführungsformen sind den weiteren Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigen:

**Fig. 1 bis Fig. 5** den Verlauf der Gaspedalstellung, der Bestromungsfunktion des Stellglieds der Drosselklappe, der Drosselklappenstellung, des Saugrohrdrucks und des Motormoments für eine Reduzierung des Lastwechselschlags,

**Fig. 6 bis Fig. 10** einen **Fig. 1 bis 5** entsprechenden Funktionsverlauf für eine kombinierte Reduzierung von Lastwechselschlag und Ruckelschwingungen.

Die **Fig. 1 bis 5** zeigen Funktionsverläufe für den Übergang von Schubetrieb auf Zugbetrieb eines Kraftfahrzeugs mit Brennkraftmaschine mit Reduzierung des im Übergang auftretenden Lastwechselschlags.

In **Fig. 1** ist der Verlauf der Gaspedalstellung  $St_G$  dargestellt. Zum Zeitpunkt  $t_0$  steigt die Gaspedalstellung  $St_G$  vom Ausgangswert Null rampenförmig auf einen Endwert an, der bei maximal 100% liegt. Der Verlauf der Gaspedalstellung  $St_G$  wird in eine in **Fig. 2** gezeigte Bestromungsfunktion  $I$  umgesetzt, die den Stromverlauf eines elektrischen Stellglieds darstellt, über das die Position der Drosselklappe der Brennkraftmaschine einstellbar ist. Bei einem Wert  $I = 0$  der Bestromungsfunktion ist die Drosselklappe geschlossen, bei einem Wert  $I > 0$  wird die Drosselklappe je nach Amplitude der Bestromungsfunktion mehr oder weniger weit geöffnet.

Mit kurzer zeitlicher Verzögerung gegenüber dem Anstieg der Gaspedalstellung wird zum Zeitpunkt  $t_1$  ein rechteckförmiger Stromimpuls aufgegeben, dessen Amplitude unterhalb dem Maximalwert von 100% der Bestromungsfunktion liegt und der bis zum Zeitpunkt  $t_2$  aufrecht erhalten wird. Der rechteckförmige Stromimpuls stellt ein lokales Strommaximum  $I_{\max}^L$  dar. Zwischen dem Zeitpunkt  $t_2$  und  $t_3$  fällt die Bestromungsfunktion  $I$  auf ein lokales Minimum  $I_{\min}^L$ , das im gezeigten Ausführungsbeispiel Null beträgt. Zum Zeitpunkt  $t_3$  steigt die Bestromungsfunktion  $I$  rampenförmig auf den der maximalen Gaspedalstellung  $St_G$  entsprechenden Endwert, wobei es zweckmäßig sein kann, anstelle eines rampenförmigen Anstiegs für die Bestromungsfunktion eine näherungsweise rechteckförmige Funktion vorzusehen.

Das lokale Bestromungsmaximum  $I_{\max}^L$  kann bis zum Maximalwert von 100% ansteigen, das lokale Bestromungsminimum  $I_{\min}^L$  kann einen Wert größer als Null einnehmen. Gegebenenfalls liegen Bestromungsmaximum  $I_{\max}^L$  und Bestromungsminimum  $I_{\min}^L$  auf dem gleichen Wert.

Das lokale Bestromungsmaximum  $I_{\max}^L$  wird mit kurzer zeitlicher Verzögerung zum Zeitpunkt  $t_1$  gegenüber dem Beginn des Anstiegs der Gaspedalstellung zum Zeitpunkt  $t_0$  aufgegeben. In dieser Zeitspanne können durch Meß- und

Auswerteeinrichtungen die den Verlauf der Bestromungsfunktion bestimmenden Parameter und damit der Verlauf der Drosselklappenstellung festgelegt werden. Zweckmäßig wird eine Änderung der Drosselklappenstellung durch Beaufschlagung des Stellglieds mit der Bestromungsfunktion  $I$  für den Fall ausgelöst, daß die Änderung der Gaspedalstel-

lung – mithin die Geschwindigkeit des Gaspedals – oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwerts liegt, der sich aus der Ausgangsstellung des Gaspedals, der Gaspedalwegdif-

ferenz, der Motordrehzahl und/oder der Gangstellung bestimmt. Aus diesen Parametern kann zunächst der Anfangsverlauf der Bestromungsfunktion, insbesondere der Verlauf des lokalen Maximums  $I_{\max}^L$  und des lokalen Minimums  $I_{\min}^L$ , bestimmt werden. Aus weiteren, zyklisch erfaßten Messungen zu einem späteren, nach  $t_2$  liegenden Zeitpunkt kann das Endniveau der Bestromungsfunktion  $I$  bzw. der Drosselklappenstellung  $DK$  festgestellt werden.

Die in Fig. 3 gezeigte Drosselklappenstellung  $DK$  stellt sich als Reaktion auf die Bestromungsfunktion  $I$  gemäß Fig. 2 ein. Zum Zeitpunkt  $t_1$  öffnet sich die Drosselklappe von der Anfangsschließstellung parabolisch ansteigend bis zum lokalen Maximum  $DK_{\max}^L$  und sinkt anschließend parabolisch auf das lokale Minimum  $DK_{\min}^L$ , das im gezeigten Ausführungsbeispiel Null beträgt. Ab dem Zeitpunkt  $t_3$  beginnt die Drosselklappenstellung parabolisch auf die Zielöffnungsstellung  $DK_0$  zu steigen.

Anstelle parabolischer Drosselklappenbewegungen kann die Drosselklappe auch anderen Funktionsverläufen folgen.

Als Reaktion auf die Änderung der Drosselklappenstellung stellt sich der in Fig. 4 gezeigte Verlauf des Saugrohrdrucks  $p_{25}$  und der in Fig. 5 gezeigte Verlauf des Motormoments  $M$  ein. Beide Funktionen steigen wie die Bestromungsfunktion  $I$  und die Drosselklappenstellung  $DK$  ausgehend von einem Anfangswert auf ein lokales Maximum  $p_{25\max}^L$  bzw.  $M_{\max}^L$ , fallen anschließend auf ein lokales Minimum  $p_{25\min}^L$  bzw.  $M_{\min}^L$  ab und steigen schließlich auf einen jeweiligen Endwert bzw. Zielwert an. Je nach Fahrervorgabe stellen sich unterschiedlich hohe lokale Maxima und Minima mit entsprechend unterschiedlichen Gradienten ein, wobei der qualitative Verlauf im wesentlichen gleich bleibt. Die Funktionen des Saugrohrdrucks  $p_{25}$  und des Motormoments  $M$  sind wie die Drosselklappenfunktion bis in die zweite Ableitung stetig.

Wie Fig. 5 zu entnehmen, nimmt das Motormoment  $M$  bis zum Zeitpunkt  $t_1$  einen unteren Momentenanfangswert  $M_0$  kleiner als Null ein. In dieser Zeitspanne befindet sich das Fahrzeug im Schubbetrieb. Als Reaktion auf die zum Zeitpunkt  $t_1$  auf das lokale Maximum  $I_{\max}^L$  ansteigende Bestromungsfunktion  $I$  steigt das Motormoment  $M$  steil an, durchschneidet zum Zeitpunkt  $t_2$  etwa die Nulllinie und erreicht im Zeitraum zwischen  $t_2$  und  $t_3$  das lokale Maximum  $M_{\max}^L$ . Im weiteren Verlauf fällt das Motormoment auf das lokale Minimum  $M_{\min}^L$  ab, das etwa zum Zeitpunkt  $t_3$  erreicht wird und wieder unter Null liegen kann. Schließlich steigt das Motormoment auf den Momentenzielwert  $M_0$  an.

Das Durchschneiden der Nulllinie markiert zugleich einen Übergang zwischen Schub- und Zugbetrieb des Fahrzeugs. Unterhalb der Momenten-Nulllinie befindet sich das Fahrzeug im Schubbetrieb, oberhalb der Nulllinie im Zugbetrieb.

Gegebenenfalls kann das Motormoment auch den gestrichelt eingezeichneten Verlauf einnehmen, bei dem ab dem Zeitpunkt  $t_2$  das Motormoment mit einem schwachen Gradienten ansteigt und im Zeitraum zwischen  $t_2$  und  $t_3$  etwa die Nulllinie durchschneidet. Dieser Funktionsverlauf zeigt keine ausgeprägten lokalen Momentenmaxima und -minima.

Das lokale Maximum  $M_{\max}^L$  des Motormoments ist zweckmäßig hinreichend groß dimensioniert, um das Spiel im Triebstrang des Kraftfahrzeugs ganz oder teilweise zu überwinden. Das hierfür erforderliche lokale Maximum  $DK_{\max}^L$  der Drosselklappenstellung wird über die Amplitude und die Zeitdauer des lokalen Maximums  $I_{\max}^L$  der Bestromungsfunktion vorgegeben.

Die Reduzierung des Lastwechselschlags dauert bis zum Zeitpunkt  $t_3$  an, der das Ende des lokalen Minimums  $I_{\min}^L$  der Bestromungsfunktion  $I$  markiert und ab dem die Bestromungsfunktion auf den Zielwert ansteigt.

Die Reaktionen der Drosselklappe, des Ladedrucks und des Motormoments erfolgen mit zeitlicher Verzögerung gegenüber der Bestromungsfunktion  $I$ .

Der Lastwechselschlag kann auch im Übergang von Zugbetrieb auf Schubbetrieb, der durch einen Wechsel von positivem Motor-Ausgangsmoment auf negatives Motor-Endmoment gekennzeichnet ist, gedämpft werden. Hierbei werden im Prinzip die Funktionen der Fig. 1 bis 5 in Gegenrichtung, von rechts nach links, durchlaufen, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Bestromungsfunktion und die Drosselklappenstellung grundsätzlich mit zeitlicher Verzögerung auf eine Änderung der Gaspedalstellung reagieren.

Eine weitere Reduzierung des Lastschlags kann durch eine weiche Abstimmung des Triebstranges erfolgen, indem der Triebstrang mit einer geringen Drehsteifigkeit versehen wird, was beispielsweise durch dünne Seitenwellen realisiert werden kann.

Die in den Fig. 6 bis 10 dargestellten Funktionsverläufe zeigen eine Kombination von Reduzierung des Lastwechselschlags und von Ruckelschwingungen. Die Schaubilder zeigen jeweils drei Funktionsverläufe, und zwar jeweils einen Verlauf für eine schnelle Beschleunigung (durchgezogene Linie), einen Verlauf für eine langsamere Beschleunigung auf das gleiche Zielniveau (strichpunktierte Linie) und einen Verlauf für eine Beschleunigung auf ein niedrigeres Zielniveau (gestrichelte Linie).

Gemäß Fig. 6 steigt die Gaspedalstellung  $St_G$  zum Zeitpunkt  $t_0$  rampenförmig auf die Endstellung an. Dieser Anstieg wird in die in Fig. 7 gezeigte Bestromungsfunktion  $I$  für das elektrische Stellglied der Drosselklappe umgesetzt. Die Bestromungsfunktion  $I$  weist zwei aufeinanderfolgende lokale Maxima auf, ein erstes Maximum  $I_{\max}^L$ , das zum Zeitpunkt  $t_1$  beginnt und als Rechteck ausgebildet ist, und ein zweites Maximum  $I_{\max}^R$ , das zu einem späteren Zeitpunkt  $t_3$  beginnt und ebenfalls rechteckförmig ausgebildet ist. Im weiteren Verlauf steigt die Bestromungsfunktion  $I$  zum Zeitpunkt  $t_5$  sprunghaft auf den Endwert an.

Das erste lokale Maximum  $I_{\max}^L$  beginnt zeitverzögert gegenüber dem Beginn  $t_0$  der Gaspedalbewegung  $St_G$ . Zwischen dem ersten Maximum  $I_{\max}^L$  und dem zweiten Maximum  $I_{\max}^R$  liegt ein erstes lokales Minimum  $I_{\min}^L$  zwischen den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$ . Auf das zweite lokale Maximum  $I_{\max}^R$  folgt ein zweites lokales Minimum  $I_{\min}^R$  zwischen dem Ende des zweiten lokalen Maximums  $I_{\max}^R$  zum Zeitpunkt  $t_4$  und dem Beginn des Anstiegs auf den Endwert zum Zeitpunkt  $t_5$ .

Das erste lokale Maximum  $I_{\max}^L$  und das erste lokale Minimum  $I_{\min}^L$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  sind der Reduzierung des Lastwechselschlags zugeordnet. Das zweite lokale Maximum  $I_{\max}^R$  und das zweite lokale Minimum  $I_{\min}^R$  zwischen den Zeitpunkten  $t_3$  und  $t_5$  sind der Reduzierung der Ruckelschwingungen zugeordnet.

Je nach Verlauf der Gaspedalstellung  $St_G$  nimmt die Bestromungsfunktion  $I$  einen unterschiedlichen Verlauf ein. Die Minima und Maxima können im Hinblick auf Amplitude, zeitlichem Beginn, Zeitdauer und Funktionstyp variieren. So kann es zweckmäßig sein, anstelle von Rechteckfunktionen rampenförmige oder trapezförmige Funktionen mit hohem Gradienten vorzugeben oder Funktionen zu realisieren, die bis in die erste oder die zweite Ableitung stetig sind. Wie beim zweiten lokalen Maximum  $I_{\max}^R$  eingetragen, können die lokalen Maxima mehrere Stufen aufweisen. Gegebenenfalls ist jedes Maximum in mehrere einzelne Rechteckfunktionen mit zwischenliegenden Minima unterteilt. Die Amplituden können bis auf den Maximalwert von 100% ansteigen, wobei vorzugsweise die Amplitude des ersten, der Lastschlagdämpfung zugeordneten lokalen Maximums  $I_{\max}^L$  deutlich geringer ausgeprägt ist als die Ampli-

tude des zweiten, der Ruckelschwingungsdämpfung zugeordneten lokalen Maximums  $I_{\max}^R$ . Der zeitliche Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten lokalen Maximum, der durch die Zeitdauer des ersten lokalen Minimums gekennzeichnet ist, ist zweckmäßig klein im Vergleich zur Zeitdauer des zweiten lokalen Minimums.

Der in Fig. 8 dargestellte Verlauf der Drosselklappenstellung DK stellt sich als Reaktion auf die Bestromungsfunktion I ein. Die Drosselklappenstellung steigt zum Zeitpunkt  $t_1$  auf ein erstes lokales Maximum  $DK_{\max}^L$ , fällt danach auf ein erstes lokales Minimum  $DK_{\min}^L$  ab, steigt zum Zeitpunkt  $t_3$  auf ein zweites lokales Maximum  $DK_{\max}^R$  und fällt danach auf ein zweites lokales Minimum  $DK_{\min}^R$  ab, bevor zum Zeitpunkt  $t_5$  der Anstieg auf die Zielöffnungsstellung  $DK_0$  erfolgt. Die lokalen Minima  $DK_{\min}^L$  und  $DK_{\min}^R$  liegen beim Wert Null bzw. nahe Null.

Die lokalen Minima und Maxima zeigen sich in den Verläufen des Ladedrucks  $p_{25}$  und des Motormoments  $M$  gemäß den Fig. 9 und 10. Gemäß Fig. 9 steigt der Ladedruck zunächst auf das erste lokale Maximum  $p_{25\max}^L$  an, fällt abhängig vom Saugrohrvolumen auf das erste lokale Minimum  $p_{25\min}^L$  ab, steigt auf das zweite, höhere lokale Maximum  $p_{25\max}^R$  an und fällt auf das zweite lokale Minimum  $p_{25\min}^R$  ab, bevor der Anstieg zum Ladedruck-Endwert erfolgt. Das Abfallen auf das Minimum hängt vom Saugrohrvolumen ab, wobei ein großes Saugrohrvolumen mehr Luftaufnahmekapazität aufweist als ein kleineres Saugrohrvolumen und daher einen geringeren Ladedruckabfall produziert.

In ähnlicher Weise steigt das Motormoment zum Zeitpunkt  $t_1$  ausgehend vom negativen Momentenanfangswert  $M_u$  auf das erste lokale Maximum  $M_{\max}^L$  an, das etwa kurz nach dem Zeitpunkt  $t_2$  – dem Zeitpunkt des Beginns des ersten lokalen Minimums  $I_{\min}^L$  der Bestromungsfunktion – erreicht wird. Zum Zeitpunkt  $t_3$  – dem Zeitpunkt des Beginns des zweiten lokalen Maximums  $I_{\max}^R$  der Bestromungsfunktion – wird das knapp unter der Nulllinie liegende erste lokale Minimum  $M_{\min}^L$  erreicht. Anschließend erfolgt die Ruckelschwingungsdämpfung, bei der das Motormoment auf das zweite lokale Maximum  $M_{\max}^R$  ansteigt, auf das zweite lokale Minimum  $M_{\min}^R$  abfällt und schließlich nach dem Zeitpunkt  $t_5$  auf den oberen Momentenzielwert  $M_0$  ansteigt.

Die Funktionen für die Drosselklappenstellung, den Ladedruck und das Motormoment sind bis in die zweite Ableitung stetig. Diese Funktionen reagieren mit zeitlicher Verzögerung auf den Verlauf der Bestromungsfunktion I.

Die Funktionen werden zum Beschleunigen von links nach rechts durchlaufen; entsprechend dem negativen Momentenanfangswert  $M_u$  und dem positiven Momentenzielwert  $M_0$  beinhaltet der Beschleunigungsvorgang auch einen Übergang von Schub- auf Zugbetrieb, bei dem der zu dämpfende Lastwechselschlag auftritt. Bei einer Fahrzeugverzögerung werden die Funktionen in entgegengesetzter Richtung von rechts nach links durchlaufen, wobei die zeitliche Verzögerung im Verlauf der Bestromung und der Änderung der Drosselklappenstellung gegenüber der Änderung der Gaspedalstellung zu berücksichtigen ist. Bei einem Vorzeichenwechsel im Momentenverlauf von positivem Ausgangswert auf negativen Endwert (Übergang von Zugbetrieb auf Schubbetrieb) werden Lastwechselschläge des Fahrzeugs ebenso wie Ruckelschwingungen wirkungsvoll reduziert bzw. eliminiert.

Es kann gegebenenfalls angezeigt sein, ausschließlich Lastwechselschläge oder ausschließlich Ruckelschwingungen zu dämpfen.

Sowohl bei der Lastschlagdämpfung als auch bei der Ruckelschwingungsdämpfung ist der Verlauf der Bestromungsfunktion bzw. der Drosselklappenstellung entkoppelt vom Verlauf der Gaspedalstellung. Es werden lediglich Eckdaten aus dem Verlauf der Gaspedalstellung wie Anfangswert, Endwert, Änderungsgeschwindigkeit etc. berücksichtigt und aus diesen Eckdaten Funktionsverläufe für die Drosselklappenstellung gebildet, wobei bei Verwendung eines elektrischen Stellglieds für die Drosselklappe eine Manipulation der Bestromungsfunktion des Stellgliedes vorgenommen wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen durch Veränderung des Motor-Momentenverlaufs, wobei zur Umsetzung eines Motor-Momentenverlaufs (M) zwischen einem unteren Momentenanfangswert ( $M_u$ ) und einem oberen Momentenzielwert ( $M_0$ ) der Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) zwischen einer dem Momentenanfangswert ( $M_u$ ) entsprechenden Anfangsschließstellung ( $DK_u$ ) und einer dem Momentenzielwert ( $M_0$ ) entsprechenden Zielöffnungsstellung ( $DK_0$ ) verändert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) zwischen einer Anfangsschließstellung ( $DK_u$ ) und einer Zielöffnungsstellung ( $DK_0$ ) so verändert wird,
  - daß zunächst die Drosselklappe bis zu einer ersten Öffnungsstellung ( $DK_{\max}^L$ ) geöffnet wird,
  - daß anschließend die Drosselklappe bis zu einer zweiten Öffnungsstellung ( $DK_{\min}^L$ ) geschlossen wird,
  - daß im folgenden die Drosselklappe auf die Zielöffnungsstellung ( $DK_0$ ) eingestellt wird,
 wobei die erste Öffnungsstellung ( $DK_{\max}^L$ )
  - größer ist als die Anfangsschließstellung ( $DK_u$ ) und größer ist als die zweite Öffnungsstellung ( $DK_{\min}^L$ ),
  - kleiner ist als die Zielöffnungsstellung ( $DK_0$ )
  - und einem Moment entspricht, das das Spiel im Antriebsstrang überwindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselklappe über ein elektrisch betätigbares Stellglied eingestellt wird und der Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) durch eine das Stellglied beaufschlagende Bestromungsfunktion (I) gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der ersten Öffnungsstellung ( $DK_{\max}^L$ ) im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) die Bestromungsfunktion (I) zumindest einen Sprung aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromungsfunktion (I) näherungsweise eine Rechteckfunktion ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromung im Bereich der ersten Öffnungsstellung ( $DK_{\max}^L$ ) im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) etwa 20 ms andauert.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromung im Bereich der ersten Öffnungsstellung ( $DK_{\max}^L$ ) im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) etwa 80% der Maximalbestromung aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Öffnungsstellung ( $DK_{\min}^L$ ) Null beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Drossel-

klappenstellung (DK) ausgelöst wird, wenn die Geschwindigkeit des Gaspedals des Kraftfahrzeugs oberhalb eines gegebenen Schwellwerts liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert durch mindestens einen der folgenden Parameter bestimmt wird: die Ausgangsstellung des Gaspedals, die Gaspedalwegdifferenz, die Motordrehzahl, die Gangstellung.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Drosselklappe zur Reduzierung des Lastwechselschlags beim Übergang zwischen Schubetrieb und Zugbetrieb erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Drosselklappe zur Reduzierung des Lastwechselschlags mit einem Verfahren zur Vermeidung von Ruckelschwingungen kombiniert wird, wobei im Anschluß an die erste Öffnungsstellung ( $DK^L_{\max}$ ) und die zweite Öffnungsstellung ( $DK^L_{\min}$ ), die der Lastschlagreduzierung zugeordnet sind, eine weitere, einem zweiten lokalen Maximum ( $DK^R_{\max}$ ) zugeordnete Öffnungsstellung und eine sich daran anschließende, einem zweiten lokalen Minimum ( $DK^R_{\min}$ ) zugeordnete Öffnungsstellung, die der Ruckelschwingungsreduzierung zugeordnet sind, im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) vor dem Erreichen der Zielöffnungsstellung ( $DK_o$ ) vorgesehen sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der dem ersten Maximum zugeordneten ersten Öffnungsstellung ( $DK^L_{\max}$ ) zur Dämpfung des Lastschlags geringer ist als die Amplitude der dem zweiten Maximum zugeordneten Öffnungsstellung ( $DK^R_{\max}$ ) zur Dämpfung der Ruckelschwingung.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der dem ersten Maximum zugeordneten ersten Öffnungsstellung ( $DK^L_{\max}$ ) etwa 50% der Amplitude der dem zweiten Maximum zugeordneten Öffnungsstellung ( $DK^R_{\max}$ ) beträgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer der dem ersten Maximum zugeordneten ersten Öffnungsstellung ( $DK^L_{\max}$ ) nicht größer ist als die Zeitdauer der dem zweiten Maximum zugeordneten Öffnungsstellung ( $DK^R_{\max}$ ).

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65









